УДК 658.5.562.55

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГО-СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

А.И. Бородин

Государственный университет – Высшая школа экономики, г. Москва
E-mail: ABorodin@topsbi.ru

Разработана модель эколого-социально-экономической системы, основанной на принципе единства и неразрывной связи экономической и экологической систем, анализ потоков загрязнений, генерируемых экономической системой, и их влияния на природную среду.

Проблема взаимодействия общества и природной среды в последние годы стала наиболее острой и всеохватывающей. Исследованию путей её решения были посвящены не только многие национальные научные и научно-практические конференции, но и такие международные форумы, такие как саммиты в Рио-де-Жанейро (1992 г.) и в Кейптауне (2002 г.).

Активная экономико-хозяйственная деятельность человека приводит к значительному увеличению нагрузки на природную среду часто эта нагрузка превышает возможности среды к адаптации и восстановлению, в результате чего возникает кризисная экологическая ситуация. Единственный путь преодоления экологического кризиса лежит в организации системы эффективного управления качеством природной среды в процессе взаимодействия человеческого общества и природы. Одним из важнейших компонентов решения этой задачи является исследование структуры взаимодействия социально-экономической и экологической систем.

Целью данной статьи является разработка модели эколого-социально-экономической системы, основанной на принципе единства и неразрывной связи экономической и экологической систем, анализ потоков загрязнений, генерируемых экономической системой, и из влияния на природную среду.

Среди основополагающих аспектов решения данной проблемы следует особо выделить проблему воздействия социально-экономической системы на природную среду. Взаимодействие данной системы с окружающей средой является сложным и многоканальным. Само существование человеческого общества невозможно вне природной среды, но и экономико-хозяйственная деятельность не в состоянии обеспечивать его потребности, используя только внутренние ресурсы социально-экономической системы.

Поэтому между природой и человеческим обществом сформирована система каналов, по которым естественные ресурсы изымаются обществом, а продукты его жизнедеятельности поступают в окружающую среду. Но кроме этих каналов существует система элементов регулирования состояния окружающей среды, которая призвана поддерживать состояние природной системы на уровне, достаточном для её самовосстановления.

Для достижения поставленной цели рассмотрены следующие задачи: анализ основных современных моделей эколого-экономического взаимодействия, моделирование потоков ресурсов и загрязнений в системе, описание состояния совокупной эколого-социально-экономической системы в терминах стоимости.

Системный подход к моделированию эколого-социально-экономической системы впервые был использован в циркуляционной модели, созданной в 70–80-х годах XX в. В её основу был положен принцип минимизации нагрузок на ЭС. Было показано, что сохранение природного потенциала возможно путем снижения потоков загрязнений,

поступающих в ЭС до уровня, адекватного ассимиляционной способности ЭС. Однако, недостатком этой модели является слабый анализ факторов, влияющих на объем и качество благ, производимых в СЭС, а также причин, вынуждающих принимать экономические решения, наносящие ущерб природной среде.

Попытка исправить этот недостаток предпринята в объединенной экономической модели, разработанной Пирсом и Тернером [1]. Было показано, что потоки отходов деятельности СЭС, поступающие в ЭС, частично способствуют повышению её потенциала благодаря ассимиляционным процессам. Природные ресурсы и услуги (рекреация, эстетической воздействие и другие) рассматриваются в структуре модели как факторы, оказывающие непосредственное влияние на уровень благосостояния социально-экономической системы.

К недостаткам данной модели следует отнести антропоцентрический подход, выражающийся в том, что итоговое состояние экологической системы описывается опосредованно показателем благосостояния *U* социально-экономической системы. Кроме того, экологическая система в рамках данной модели не интегрирована с социально-экономической системой.

В отечественной теории в настоящее время активно разрабатывается «концепция ячейки» как модель управления воздействием экономико-хозяйственной деятельности на состояние природной среды [2]. Данная концепция основана на принципе солидарной ответственности общества за результаты данного воздействия, а также учитывает экономическую сторону его компенсации. Однако, есть необходимость в обосновании величины влияния продуктов жизнедеятельности социально-экономической системы и механизма формирования компенсационного фонда.

Предлагаемая модель имеет целью определить место загрязнений в системе эколого-экономического взаимодействия. В её структуре выделены два блока – блок I, соответствующий экономической подсистеме, и блок II – экологическая подсистема.

Блок II качественно характеризуется величиной *A* – способностью системы к ассимиляции загрязнений. Количественная характеристика блока – *Y* – объем располагаемых ресурсов, который следует трактовать как природный капитал

Блок II, описывающий природную среду, определяется количеством, разнообразием и структурой природных ресурсов, а также способностью среды ассимилировать поступающий в неё поток вещества из экономической подсистемы.

Между подсистемами генерируются потоки изымаемых из природы резервов и отходов производственно-хозяйственной деятельности. Согласно закону сохранения материи, используемые экономической системой природные ресурсы, трансформируются в процессе переработки в желательные (материальные и нематериальные блага) и нежелательные продукты производства (отходы). Поэтому объем потребляемых ресурсов всегда больше или равен объему поступающих в природную среду отходов.

Кроме этого, в модели определено движение выгоды (либо убытков), понимаемой как результат взаимодействия, изменяющий благосостояние системы в целом, являющееся интегральной характеристикой уровня развития ЭСЭС.

Отходы, которые экосистема способна ассимилировать, увеличивают объем ресурсов системы и тем самым повышают благосостояние *U*. Сокращение невозобновимых и возобновимых ресурсов ведет к уменьшению параметра *U*.

Поток неассимилированых прочих отходов отрицательно воздействует на экологическую подсистему и, таким образом, является загрязнением. Поскольку он, как результат взаимодействия экологической и экономической подсистем, вызывает сокращение объема ресурсов *Y* и ухудшает общее состояние экосреды с точки зрения нарушения внутренних связей, то он снижает уровень благосостояния *U* системы в целом.

Снижение величины *U* достигается и в том случае, когда объем изымаемых блоком I ресурсов (*H*) превышает *Y*, так как это ведет к сокращению их объема в блоке II. Следует отметить, что объем $H^* < Y$ потребленных возобновимых ресурсов может быть восполнен экологической подсистемой, и поэтому не уменьшает *Y*, в то время как любое количество изъятых невозобновимых ресурсов ведет к его сокращению.

Соответственно, ухудшается и состояние экономической подсистемы, так как сокращается объем резервов, а также ухудшаются условия существования социума.

В *U* следует выделить две компоненты – природный капитал (*ПК*) и произведенный капитал (*ПрК*). Природный капитал можно определить как совокупный объем всех ресурсов (включая и резервы), а произведенный капитал есть совокупный объем благ, материальных и нематериальных, созданных и накопленных в экономической подсистеме.

Отрицательное влияние отходов на природную подсистему учитывается как экологический ущерб в стоимостном выражении (*ЭУ*).

Тогда благосостояние системы определяется как:

$$U = ПрК + ПК - ЭУ. \quad (1)$$

В произведенный капитал входит стоимость циркулирующих и ассимилируемых отходов. Такое утверждение правомерно, так как циркулирующие отходы используются другими компонентами социально-экономической подсистемы для производства благ. Например, макулатура, являясь типичным видом отходов, входит как компонент сырья для производства картонно-бумажных изделий.

Ассимилируемые отходы – те, которые может поглотить экологическая среда. Например, отходы животноводства, будучи преобразованы в биогумус живыми организмами, являются основой для органического удобрения. Поскольку данный вид отходов при его переработке способствует обогащению природной среды, то он также должен быть учтен как составляющая произведенного капитала.

Исходя из выше сказанного, следует определить произведенный капитал (*ПрК*) как совокупную стоимость, произведенную в экономической подсистеме, уменьшенную на величину неассимилированых отходов.

$$ПрК = \sum_i C_i - C_з, \qquad (2)$$

где C_i – i-ая стоимость, произведенная в системе, $C_з$ – неассимилированые отходы в стоимостном выражении.

Подставив в формулу (1) вместо *ПрК* его выражение (2) и проведя элементарные преобразования, получим

$$U = ПК + \sum_i C_i - (C_з + ЭУ).$$

Выражение в скобках является величиной объема загрязнений, выраженной в терминах стоимости.

Таким образом, загрязнения являются фактором, воздействующим на состояние эколого-экономической системы в целом. Результатом воздействия является снижение показателя совокупного благосостояния. С экономической точки зрения они эквивалентны сумме затраченных природных и экономических ресурсов на производство неассимилированных отходов и экологического ущерба природной подсистемы.

В масштабах региональной системы хозяйства загрязнения, генерируемые её технологической подсистемой, проходят через систему сбора, сортировки и очистки. Основными её элементами являются: очистные сооружения предприятий, а также система утилизации отходов коммунального хозяйства.

Последняя представляет собой совокупность предприятий, объектом производственной деятельности которых являются загрязнения, не прошедшие обработку на промышленных очистных сооружениях, либо являющиеся конечным их продуктом, а также результатом хозяйственной деятельности жилищного сектора.

Социально-экономическая система региона создает экономический продукт, расходуя при этом природные и произведенные ресурсы (сырье, электроэнергию, топливо и другие), труд наемных работников, а также капитал во всех его видах. Побочным, или нежелательным продуктом производства являются промышленные отходы, которые не могут быть использованы в дальнейшей производственной деятельности (рисунок).

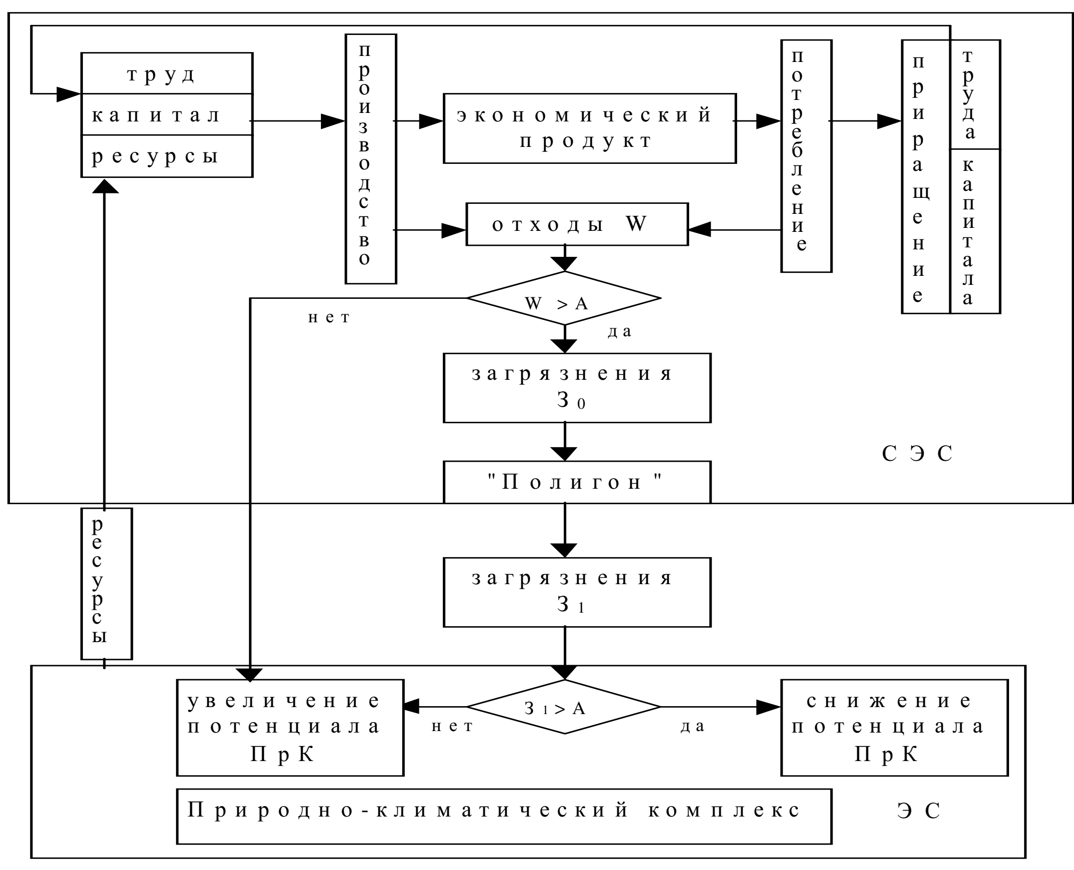


Рисунок. *Схема взаимодействия социально-экономической и экологической систем в масштабе региона*

Полученный экономический продукт потребляется как в технологической подсистеме для дальнейшего воспроизводства благ, так и в социальной подсистеме для удовлетворения потребностей.

Результатом потребления является, с одной стороны, воспроизводство трудовых ресурсов, увеличение совокупного капитала системы, с другой стороны, формирование массы бытовых отходов. Они в совокупности с промышленными отходами составляют нежелательный продукт социально-экономической системы (СЭС) *W*, который должен быть ею утилизирован.

Часть *W* не может быть непосредственно поглощена и становится загрязнением ($З_0$).

Если загрязнения $З_0$ циркулируют в эколого-социально-экономической системе (ЭСЭС), они наносят ущерб обществу и окружающей среде, который оценивается суммой средств, необходимых на его компенсацию. В неё входят средства на оздоровление пострадавшего населения, на профилактические мероприятия по предупреждению заболевания последующих поколений, на осуществление программ, обеспечению населения питьевой водой, по восстановлению окружающей среды, восполнению утраченных в результате воздействия загрязнений природных ресурсов.

Выводы: основным механизмом взаимодействия частей эколого-социально-экономической системы является перенос ресурсов и загрязнений. Между социально-экономической и экологической подсистемами циркулируют потоки вещества, которые влияют на состояние совокупной системы. Экономический эффект от снижения величины загрязнений 30 внутри социально-экономической системы может быть получен как экономия финансовых и материальных средств региона, которые были бы затрачены на компенсацию ущерба обществу и экономике. Эффект внутри экологической системы – приращение потенциала подсистемы (*ПрК*).

Таким образом, с экономической точки зрения загрязнения являются тем фактором, который приводит к снижению совокупного капитала системы. Величина ущерба, соответствующая этому, оценивается общим объемом финансовых затрат, необходимых для восполнения утраченных природных ресурсов, здоровья населения, работоспособности работников, а также для восстановления качества окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Паавола Й. Основы экономики окружающей среды. – М.: Типография МГСУ, 1999. – 296 с.
2. Пилиев С., Кадохов В. Совершенствование экономических механизмов природопользования // Экономист. – 2002. – № 4. – С. 57–63.

УДК 316.42:327